

VII-5

航空機騒音伝搬に対する地表面の音響特性の影響について

北海道大学 工学部 環境工学科 ○学 小西 信
正 長谷部 正基

1. はじめに

航空機騒音の予測上の問題点として、側方過剰減衰があげられる。これは航空機の離着陸時に低空飛行または地上走行中に放射された騒音が地表面の影響で大きな騒音減衰を起こす現象に基づいている。このため、飛行経路側方点における予測は、基礎データと合わせて地表面の影響による減衰量を考慮する必要があるため、基礎データを一部修正するだけでは精度向上をはかるうえで十分とはいえない。K. J. Plotkin¹⁾は彼の論文のなかで、測定された側方伝搬のスペクトルのデータを、球面放射、空気吸収、地表面の影響を考慮し、解析を試みている。具体的な手法は明らかにされていないが、本論文では騒音伝搬を記述する式として一般的に知られている Chessell¹⁾の式を用いて、このデータを補正し、K. J. Plotkinの補正と比較した。

現在 SAE AIR 1751 で提案されている計算式では、地表面の影響による減衰、すなわち側方過剰減衰は、測定点から航跡までの距離の関係と、測定点から航空機を見上げた時の角度(仰角)の関係で決定されるとされている。しかし、その予測値と実測値との整合性は良いとはいえない。本研究では、この式の精度についても Chessell の式や前述の K. J. Plotkin の研究などを用いて考察した。

2. Plotkin の測定方法

Plotkin は図一1のようにマイクロフォンを配置して測定を行った。各距離にはマイクロフォンが 0, 4, 12 ft (0, 1.2, 3.7 m) の 3 つの高さに設置されている。以下で使用するのは各マイクロフォンの高さに対して 3 種類のスペクトルである。

- 1) 航空機の高さが 30 ft (9.14m) の時、666 ft (203m) の距離に設置されたマイクロフォンによって測定されたスペクトル
- 2) 1)を Plotkin が補正したスペクトル
- 3) 1)を Chessell の式を用いて、地表面の影響による減衰を補正したスペクトル(通気抵抗 $\sigma=300$ (kPa·s/m²))

各受音点(マイクロフォン)の高さについて 1)~3) を比較した(図 2(a), (b), (c))。また、各高さについて、補正したスペクトルである 2), 3)とオリジナルのスペクトルである 1)との差をそれぞれについて求め、比較した(図 2(d), (e), (f))。さらに各高さについて、3)と2)の差を求めた(図 2(g), (h), (i))。

その結果、0 ft では D_i (Plotkin の補正)と G_i (Chessell の式による補正) はかなり類似した。とくに 100Hz 以上の周波数では 2 つのグラフはほぼ一致した。 D_i と G_i はともに約 320Hz でオリジナルのスペクトルである A_i と交わり、それ以下の周波数では A_i よりも小さな値を、それ以上では A_i よりも大きな値を示している。4 ft では、全体としてオリジナルのスペクトル B_i が E_i (Plotkin の補正)、 H_i (Chessell の式による補正) よりも大きな値を示した。12 ft では、約 150~200Hz 以上の周波数域では I_i (Chessell の

Study on the effect of the acoustical characteristics of the ground to the propagation of aircraft noise

by Makoto Konishi & Masaki Hasebe

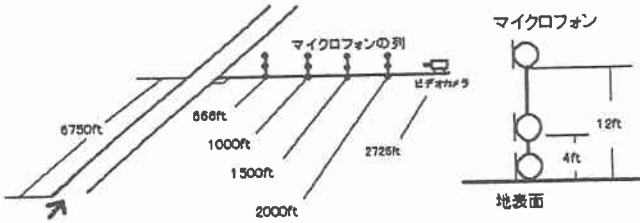


図-1: Plotkinによる測定の配置図

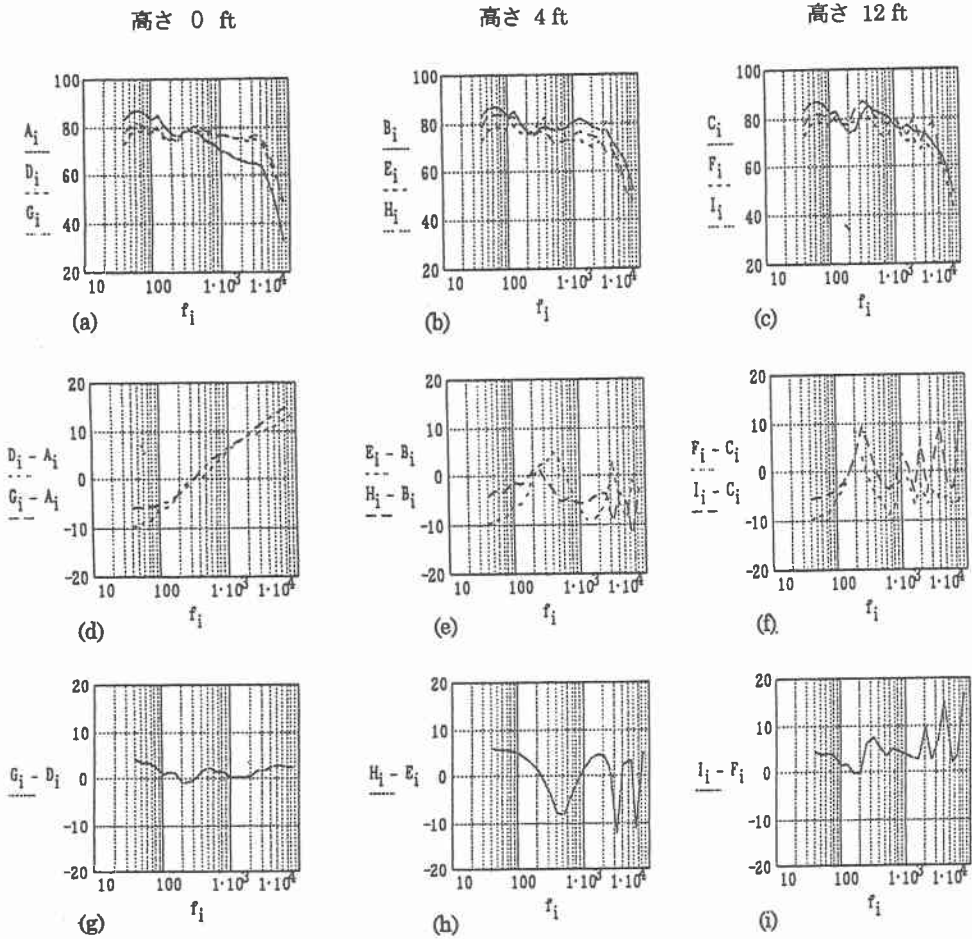


図-2: 航空機が水平距離 203m, 高さ 9.14m にあるときのスペクトル
 A_i, B_i, C_i : 受音点がそれぞれ 0, 4, 12ft にある時のオリジナルのスペクトル (dB)
 D_i, E_i, F_i : A_i, B_i, C_i に Plotkin が補正を加えたスペクトル
 G_i, H_i, I_i : A_i, B_i, C_i に Chessell の式を用いて補正したスペクトル

式による補正)が常に F_i (Plotkinの補正)よりも大きかった。 I_i には約 300Hz 付近で極大値がみられた。

3つのグラフ全体として、Plotkinの補正より Chessellの式による補正のほうがオリジナルのスペクトルに近かった。また 0 ft, 4 ft, 12 ft と受音点であるマイクロフォンの高さが高くなるほど2つの補正の差は大きくなり、それはより高い周波数で顕著であった。

3. SAE AIR 1751 で提案された式に対する考察

SAE AIR 1751 では Over ground Attenuation, すなわち音源および受音点が地面上にあるときの過剰減衰値を次のような式で提案している(以下を①式とする)。

$$G(l) = 15.09 \left[1 - e^{-2.74 \times 10^{-3} \cdot l} \right] \quad (0 \leq l \leq 914m)$$

$$G(l) = 13.86 \quad (l \geq 914m)$$

これに対して、次の手法を試みた。

1) Plotkinの論文の中で示された、図2の D_i (音源から 666ft の距離で 0 ft の高さにあるマイクロフォンで測定されたスペクトルを Plotkinの手法によって補正されたもの)をこの距離での自由空間のスペクトルと考えてパワー和をとる。

2) 同様に地表面での減衰を考慮したパワー和を求め、2つの差をとり、①式と比較する。

その結果、 $\sigma=15$ で2本のグラフは 400Hz 以下での周波数でよい一致が見られた(図3)。しかし $\sigma=15$ という値は地表面の音響的特性としては深さ 10cm 程度の新雪に相当する状態である。一般に飛行場周辺の草地では $\sigma=150\sim 300$ 程度とされており³⁾、その場合2本のグラフは大きく離れてしまう。①式の整合性についてはさらに議論することが必要であろう。

また SAE AIR 1751 では、測定点から航空機を見上げた時の角度と過剰減衰値の関係についても次のような式を提案している(以下を②式とする)。なお、②式は様々な測定点からフライトトラックまでの距離におけるデータから作られている。

$$\Lambda(\gamma) = 3.96 - 0.066\gamma + 9.9e^{-0.13\gamma} \quad (0^\circ \leq \gamma \leq 60^\circ)$$

$$\Lambda(\gamma) = 0 \quad (60^\circ \leq \gamma \leq 90^\circ)$$

これに対し、航跡までの距離を任意に 500, 1000, 2000m ととり、同様に角度と過剰減衰値の関係の関係をグラフ化した(図4, 5, 6)。

その結果、どの場合においても①式の時と同様に、 $\sigma=15$ 付近で比較的良好な一致を見た。

4. 考察

Plotkinの補正では空気吸収の影響が考慮されているが、Chessellの式による補正では考慮されていない。しかし、各距離において2つの結果は、おおむねよい一致を示し、とくに 0 ft の結果で顕著である。

SAE AIR 1751 の2つの式について、①式については σ の値に疑問が残るが、おおむね良い結果が得られた。また②式については、SAE AIR 1751 で提案された式は様々な距離についての結果をまとめたもので、任意の一つの距離で正確に表せないのは、当然といえる。しかし、任意の距離について1つの式で表そうという SAE AIR 1751 の姿勢には今後十分な検討が必要だろうと考えられる。

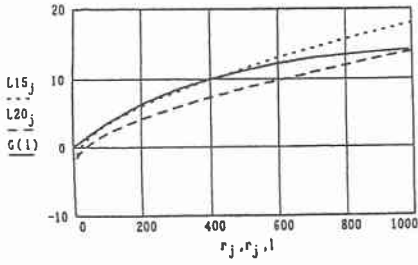


図-3 : $\sigma=15$ の時 ($L15_j$) および $\sigma=20$ の時 ($L20_j$) の補正と、①式との比較

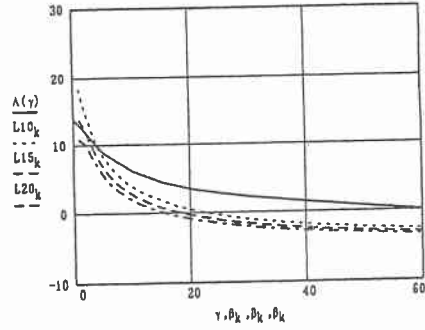


図-4 : 測定点からフライトトラックまでの距離が 500m の時の $\sigma=10, 15, 20$ の時の各補正 $L10_k, L15_k, L20_k$ と①式との比較

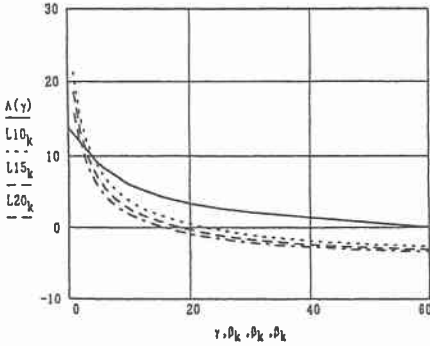


図-5 : 測定点からフライトトラックまでの距離が 1000m の時の $\sigma=10, 15, 20$ の時の各補正 $L10_k, L15_k, L20_k$ と①式との比較

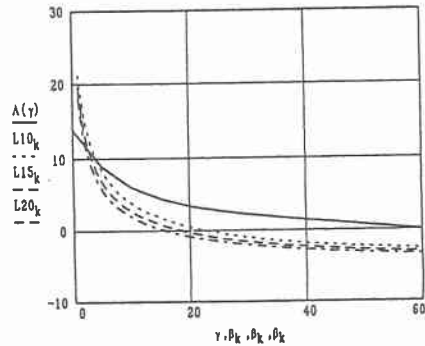


図-6 : 測定点からフライトトラックまでの距離が 2000m の時の $\sigma=10, 15, 20$ の時の各補正 $L10_k, L15_k, L20_k$ と①式との比較

* 1 : Chessell の式を用いて音場計算をするにあたって必要な地表面の音響インピーダンスなどの値は、直接測定が比較的困難なことより、繊維質材料の単位面積当たりの通気抵抗 σ ($\text{kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$) パラメータとしてを用いた Delany らの実験式を用いて、各地表面を代表する σ の値を決定する方法が一般的である。

本研究は (財) 航空環境研究センターとの共同研究の一部である。

5. REFERENCE

- 1) K.J. Plotkin, "Examination of the Lateral Attenuation of Aircraft Noise", Proceedings of internoise98 CD-ROM version(1998)
- 2) C.I. Chessell, "Propagation of Noise Along a Finite Impedance Boundary", J. Acoust. Soc. Am., 62, 825-834 (1977)
- 3) T. F. W. Embleton, "Sound Propagation Outdoors - Improved Prediction Schemes for the 80's", Proceedings of Noise Control Engineering, Jan-Feb, 30-39, (1982)
- 4) SAE AIR 1751(1981)